

REPUBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS  
DIRECCION DE INFORMACION BASICA



HIDROGEOLOGIA DEL PIE DE MONTE NOR-  
ORIENTAL DE LOS ANDES VENEZOLANOS  
JULIO 1973



DIVISION DE HIDROLOGIA

# INDICE

	Pág.
INTRODUCCION.....	1
1. INFORMACION Y METODOS DE INVESTIGACION....	1
2. LOGISTICA.....	2
3. GEOGRAFIA.....	3
4. CLIMATOLOGIA.....	4
5. ESTRATIGRAFIA.....	4
5.1 Sedimentos Recientes.....	4
5.2 Estructura Geológica.....	6
5.3 Ambiente de Sedimentación.....	6
5.4 Sedimentología.....	7
6. GEOHIDROLOGIA.....	8
6.1 Transmisibilidad.....	9
6.2 Almacenamiento.....	10
6.3 Régimen Geohidrológico.....	11
7. HIDROGEOQUIMICA.....	12
7.1 Origen de los Compuesto Químicos.....	13
7.2 Tipos de Agua para Riego.....	14
7.3 Peligros de Contaminación.....	14
8. CONCLUSIONES.....	15
9. RECOMENDACIONES.....	16

## INTRODUCCION

Con el fin de aportar la información hidrogeológica básica para el desarrollo agrícola en los llanos occidentales, se han evaluado sus recursos hidrogeológicos en escala 1:250.000. A través de los años 1969 a 1972, el Departamento de Mediciones Hidrológicas Subterráneas de la División de Hidrología, ha recolectado la información básica para el presente informe, en el cual han participado en su etapa final los técnicos geológicos Pascual Márquez y Orlando Rojas y los Ingenieros Nelson Mundarain y Andrés Silva O. bajo la dirección del geólogo Luis Carmelo Ramos, quién tuvo a su cargo también la redacción de este informe.

### 1. INFORMACION Y METODOS DE INVESTIGACION

Durante varios años, desde 1964 hasta el presente, la perforación de pozos para riego y consumo doméstico por parte de inversionistas privados, MSAS, MAC, MMH, IAN, INOS y MOP, ha generado valiosa información hidrogeológica.

Varios informes parciales han sido escritos desde reconocimientos elementales, hasta evaluaciones cuantitativas avanzadas. La información recolectada en las mencionadas instituciones y en el campo, fué procesada y representada en mapas; esta base permitió elaborar un programa de operaciones de campo, las cuales comprendieron: muestreo litológico de pozos en perforación, localización de pozos existentes, medición de niveles de agua, muestreo de aguas. Simultáneamente se llevó a cabo el reconocimiento hidrogeológico.

74 Pozos fueron seleccionados para integrar la red de observación, para lo cual los datos concernientes al pozo en sí (número, profundidad, niveles estáticos y de bombeo, descarga, y caudal específico), así como la calidad físico-química del agua (TSD, conductividad específica, pH, sulfatos, tipo para riego, y dureza total), están representados en el mapa N° 1. Esto fué la base para un programa de pruebas de bombeo usando instalaciones existentes y equipo propio. En el laboratorio se efectuaron análisis granulométricos de materiales, y físico-químicos del agua.

No se dispone de información representativa acerca del volumen anual bombeado, aunque la mayor parte del consumo rural y municipal proviene del subsuelo sin producir efectos importantes sobre las reservas

## 2. LOGISTICA

El Departamento ha mantenido en la región, desde 1969, un equipo permanente integrado por lo menos por dos geólogos y un técnico geominero, hasta algunas veces tres geólogos y cuatro técnicos cuando se han llevado a cabo actividades detalladas (Boconó-Masparro).

Diferentes organizaciones han utilizado maquinarias de perforación rotativa o de percusión para pozos de gran diámetro, y equipos de percusión y rotación combinada para perforaciones exploratorias de pequeño diámetro e instalación de piezómetros. El MOP ha llevado a cabo mediciones geofísicas de resistividad eléctrica y pruebas de infiltración.

### 3. GEOGRAFIA

Los llanos altos occidentales constituyen el pié de monte oriental de la cordillera andina, en dirección NE-SW. En la presente etapa de investigación sólo se ha implicado una franja de 180 Kms de largo por 30 Kms de ancho, comprendida entre Barinas y San Carlos. El área puede ser limitada por los siguientes vértices con relación a Greenwich y Ecuador:

Pueblo Viejo (Barinas)	(70° 10' W)	8° 42' N
El Real (Barinas)	(69° 58' W)	8° 28' N
Agua Blanca (Portuguesa)	(69° 40' W)	9° 40' N
Campo Alegre (Cojedes)	(68° 40' W)	9° 30' N

Las principales ciudades son Acarigua (56.800 hab.) Guanare (34.200 hab.), Barinas (56.300 hab.), Villa Bruzual (14.000 hab.) y algunos pueblos importantes son: Agua Blanca (5.000 hab.), Sabaneta (5.000 hab.), Obispos (1.140 hab.). Una carretera pavimentada atraviesa la parte alta de la región de NE a SW (Acarigua-Barinas) adecuada para tráfico pesado y muchas otras pavimentadas y engrazonadas son perpendiculares a ella; sin embargo, las áreas alejadas de estas vías, son de acceso difícil a casi imposible durante la estación lluviosa.

La topografía es típica de sabanas, producidas por sedimentación, con elevaciones entre 110 y 160 m.s.n.m. y pendiente general de 2 % hacia el SE.

Entre los principales ríos que cruzan el área de NW a SE, cabe mencionar al Acarigua, Portuguesa, Boconó, Guanare, Masparro, Guache, Tucupido, Morador, Ospino, Sarare, y Cojedes, cuyos flujos base

varían entre 0,00 y 11 m<sup>3</sup>/seg, y sus picos entre 90 y 3200 m<sup>3</sup>/seg. (Ver cuadro I).

#### 4. CLIMATOLOGIA

El clima tropical de la región esta tipificado por una temperatura media anual de 27° C, precipitación de 1.500 a 1.600 m.m., distribuída en 8 meses (Abril-Noviembre) <sup>(5)</sup>; las máximas ocurren de Junio hasta Agosto, alcanzando hasta 300 mm por mes en promedio. Sin embargo, de Enero a Marzo se pueden esperar 20 a 50 mm por mes. En las montañas sobrepasan los 2.000 mm/año <sup>(12)</sup> en el borde andino y alcanzan un máximo de 1.500 en el borde norte (cordillera del interior).

#### 5. ESTRATIGRAFIA

La cuenca continental donde se están depositando los abanicos aluviales recientes, está bordeada al oeste por la Cordillera Andina, con rocas sedimentarias Pleistocenas a Cretáceo inferior, (Igneas y metamórficas pre-cretáceas), mientras que hacia el norte <sup>(2, 10, 18)</sup> la Cordillera de la Costa esta formada por rocas del Cretáceo en el área estudiada (Ver cuadro II).

##### 5.1 Sedimentos Recientes

En los pozos petroleros han sido identificados unos 250 m de sedimentos recientes, compuestos por gravas, arenas, limos, arcillas, y todos los grados intermedios de mezclas. Sin embargo,

dada la existencia de un potente acuífero a poca profundidad, la mayoría de los pozos de agua promedian 60 m y unos pocos de ellos han llegado hasta 120 m. de profundidad. (8, 13, 14, 15, 16, 17)

La máxima acumulación de grava gruesa y arena hasta 70 m, fué depositada entre los ríos Masparro y Morador, con solo 5% de material impermeable, cerca del pié de monte, (sección transversal 1) mientras que el porcentaje de acuicludos aumenta tanto hacia el río La Yuca como hacia el Sarare alcanzando hasta un 27%. Esta relación se invierte al considerarla en dirección perpendicular al pié de monte, así a lo largo de una línea que pasa por Río Yuca (sección 2), el porcentaje de material fino aumenta de 5% a 90%, 45 Km aguas abajo. Mientras a lo largo del Río Acarigua (sección 3) el aumento de espesor en los estratos impermeables es de 3% a 36%, 75 Km aguas abajo del flanco montañoso; en esta sección es posible encontrar buenos acuíferos aún por debajo de 70 m.

Un rasgo geológico importante es la presencia de un estrato continuo de arcilla a 30 m de profundidad cuyo espesor se mantiene entre 2 y 8 m en el área piemontina (sección 1), el cual puede ser trazado en el sub-suelo a lo largo de 140 Km desde Araure hasta Mijagual en Barinas. Su significado paleoclimático es evidente y sirve de separación entre los acuíferos freático y confinado. Sin embargo, aunque no se ha perforado en los ápices aluviales, su transición hacia estratos de grava está condicionada por el ambiente de sedimentación.

## 5.2 Estructura Geológica

La cordillera andina es un anticlinorium joven, levantado en etapas sucesivas cuyo eje sigue una dirección SW-NE con fallamiento principal en esa misma orientación y sistemas secundarios oblicuos. (19)

La Cordillera del Interior es un plegamiento en dirección W-E cuyos sedimentos fueron depositados encima del macizo de El Baúl y complejo igneo metamórfico de Tinaco.

Los sedimentos recientes son una secuencia alternante de estratos permeables e impermeables con materiales muy gruesos depositados en una cuenca continental de pie de monte. Mientras más se avanza aguas abajo en la llanura, mayor es el predominio de acuícludos, lo cual ocasiona un acuñamiento de los acuíferos. En general, se ha demostrado que el espesor de estos fluctúa en dirección NE - SW.

## 5.3 Ambiente de Sedimentación

Con respecto a irrigación, propósito principal de este trabajo, el flanco montañoso carece de importancia por su alta pendiente y por ser relativamente pobre en agua en relación con la demanda; así, la atención se puede concentrar en los sedimentos recientes.

Los llanos altos occidentales están compuestos por sedimentos aluviales recientes depositados en el flanco oriental de los Andes. Es muy probable que su parte inferior fuera afectada por gla-

ciarismo mientras que en la parte superior los estratos son de origen puramente fluvial.

La alta precipitación orográfica superior a 2.000 mm en la parte alta de las cuencas, y el cambio violento de pendiente en ríos provenientes de 3.600 m.s.n.m. determinan el desarrollo de abanicos aluviales solapados formados por sedimentos continuos, de grano muy grueso en los vértices, y un espesor creciente de arcillas interstratificadas con arenas finas en sus bases aguas abajo.

#### 5.4 Sedimentología

Un estudio sedimentológico detallado fué realizado para el proyecto Boconó-Masparro <sup>(16)</sup> el cual se considera representativo para toda el área, aunque se pueden esperar variaciones locales relacionadas a los regímenes hidrológicos de los diferentes agentes de transporte.

La velocidad decreciente de los ríos a medida que se alejan de la montaña, ha segregado los sedimentos en tres cinturones de diferente distribución y rango granulométrico ; el primero está compuesto por gravas y arenas con peñones, pobre escogimiento, con 5% de granos con diámetro mayor de 20 mm, y 15% menor de 0,08 mm. La distribución de los granos en la segunda franja es más parecida a depósitos de lecho, con menor heterogeneidad de granos y tamaños entre 8 mm y 0,08 mm, ausencia de peñones, y aumento progresivo de arcillas y limos. En el tercer cinturón, los granos presentan distribución unimodal, menor heterogeneidad, y ta-

maños entre 1 mm y 0,03 mm, con marcada predominancia de sedimentación en lecho fluvial, mientras que las arcillas y limos dominan sobre materiales gruesos.

## 6. GEOHIDROLOGIA

En la sabana abierta, donde el fondo impermeable del acuífero no ha sido detectado en perforaciones de 120 m, se observan gradientes hidráulicos suaves de 1,4 por mil a 2,4 por mil (Mapa 7), mientras que alrededor de Acarigua, donde aflora el basamento, se reduce el área de flujo, produciendo considerable aumento del gradiente hasta 1,2%.

El flujo subterráneo fué evaluado analizando la red de flujo y las isolíneas de transmisibilidad (Mapa 3) y resultó ser 1.300.000 m<sup>3</sup>/día con flujo de salida de 203.000 m<sup>3</sup>/día, lo cual evidencia que debido a la escasa profundidad de la mesa de agua y a la escasa explotación, la mayor parte del agua que entra al cuífero se pierde, como contribución al flujo base de ríos y manantiales, y por evapotranspiración.

En la mayor parte del área el acuífero freático está cubierto por arcilla con 1 a 5 m de espesor (Mapa 6), mientras que frecuentemente los ríos cortan por debajo de su base estableciendo una comunicación directa con los acuíferos, la cual responde por gran parte de la infiltración.

También el agua de lluvia encuentra acceso inmediato al subsuelo, alcanzando a infiltrarse entre 0,3 y 6 mm/día y podría ser mayor si la mesa de agua fuera deprimida por bombeo.

## 6.1 Transmisibilidad

El coeficiente de transmisibilidad (T) fué calculado por medio de pruebas de bombeo, a gasto constante, recuperación, e interferencia. Debido a que la profundidad de exploración es sólo 60 m, y el espesor total del acuífero es 250 m, los valores aquí obtenidos representan sólo una parte de la transmisibilidad total. Aunque en algunas pruebas fueron obtenidos valores muy altos (13, 14, 15, 16, 17) se las ha considerado afectadas por percolación vertical y fué establecido un tope de 4.000 m<sup>2</sup>/día. Cuando no se dispuso de pruebas de bombeo, el valor de T fué estimado con ayuda de los gradientes hidráulicos (3, 4, 6, 20) y mapas de espesores.

En el mapa N° 2 se han establecido cuatro franjas en un rango de 200 a 4.000 m<sup>2</sup>/día.

La primera franja, intermitente, la cual muestra valores de T mayores de 4.000 m<sup>2</sup>/día pertenece a los vértices de los abanicos aluviales, cerca del pié de monte.

En la segunda franja fueron incluidos aquellos acuíferos cuyo rango de T esta comprendido entre 4.000 y 2.000 m<sup>2</sup>/día, en la cual se sitúan los intervalos más promisoros para desarrollo del agua subterránea. Su ancho promedio es de 14 Km, con un máximo de 32 en el área de los ríos Guache-Sarare y un mínimo de 3 Kms entre los ríos Boconó y Tucupido.

La franja de 1.000 a 2.000 m<sup>2</sup>/día es de ancho más constante, alrededor de 10 Km, excepto un área estrecha cercana a l

río Masparro, con 500 m. Tal área es aún favorable para irrigación aunque la exploración geofísica es más necesaria que en las anteriores, debido a lentitud de los estratos de grano grueso.

El hecho de que el área en investigación termina con valores de T. entre 1000 y 500 m<sup>2</sup>/día, no significa ausencia de acuíferos aguas abajo pero con pocas excepciones, cabe esperar un descenso considerable de su potencial al sureste de esa isolínea.

Entre abanicos aluviales vecinos, la sedimentación es principalmente de materiales fluviales de grano fino, mezclados con materiales coluviales, con la formación Guanare avanzando a veces sobre la llanura. Por tal razón, es de esperar en las áreas de transición una gran variación en el potencial de los acuíferos, de 2.000 a 200 m<sup>2</sup>/día.

## 6.2 Almacenamiento

El coeficiente de almacenamiento (S) fué determinado solamente en escasas pruebas de bombeo, no representativas de toda el área cubierta; pero como se sabe, sus valores solo pueden ser calculados con precisión aceptable mediante calibración de acuíferos sometidos a explotación controlada; por tal razón se consideró suficiente para la presente etapa, asignarle valores medios de acuerdo a las pruebas de bombeo y carácter de los acuíferos, ya sean freáticos o confinados.

Para determinar las reservas permanentes, el área compren

dida entre curvas isópacas fué multiplicada por el espesor medio y el coeficiente de almacenamiento correspondiente. Solamente se tomó en cuenta el área con mejor información, es decir, aquella comprendida entre el pie de monte y la última franja de T (Mapa 2) y entre los ríos Barquisimeto ó Cojedes y Santo Domingo.

Así, para el acuífero superior solamente, el volumen total de material permeable fué de  $83.000 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, el cual fué afectado por un S de 20%, para obtener que su capacidad de almacenamiento es de  $16.000 \times 10^6$  m<sup>3</sup> (3). La capacidad de almacenamiento promedio por unidad de superficie fué de 29.000 m<sup>3</sup>/Ha.

### 6.3 Régimen Geohidrológico

Debido a la escasez de información no es posible establecer el régimen geohidrológico individual de los acuíferos freático y confinado.

Ya ha sido mencionado que una evaluación de la red de flujo para valores correspondientes de T, permitió calcular que el flujo en dirección SE es de  $1.3 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/día con un flujo de salida de  $0.2 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/día. La mesa de agua fluctúa entre 1 y 4 m; la profundidad de la mesa de agua va desde cero hasta 10 m, con un promedio de 4 m. Sin embargo, con los datos a mano es impreciso establecer un mapa de fluctuación de mesa de agua. Como idea aproximada, las reservas estacionales pueden ser estimadas mediante la fluctuación media (2 m) y un valor de S de 20% para obtener  $4 \times 10^3$  m<sup>3</sup>/Ha/año,

mientras que la demanda de riego es de unos 4.800 m<sup>3</sup>/Ha/año (480 mm).

Es evidente que gran parte de la infiltración potencial es rechazada debido a saturación temprana de los acuíferos. Más aún, entre 60 y 80% de la recarga anual, regresa a manantiales y ríos por no existir capacidad de almacenamiento disponible. Por último aunque no menos importante (por cuanto los ríos y acuíferos están comunicados) bajando la mesa de agua por bombeo, aumentará la recarga inducida para satisfacer cualquier déficit remanente; y aún más, mejorando los lechos fluviales con obras de poco costo relativo, se aumentará de manera artificial la infiltración.

## 7. HIDROGEOQUIMICA

La salinidad expresada en términos de TSD en ppm, varía entre 100 y 800; se encontraron valores de dureza total entre 50 y 430; ph entre 7,2 y 8,2; el contenido de hierro va desde trazas hasta 140 ppm, con 55% de las muestras por encima del límite (0,3 a 1 ppm) para uso doméstico. El manganeso está por encima de la tolerancia (0.1 a 0.5) en el 16% de las muestras, y 10% exceden la norma de 1.7 ppm en fluor. El ión más variable es sulfato, de 5 a 300 ppm.

Con una sola excepción, las muestras analizadas mostraron predominancia de carbonato más bicarbonato, y el más abundante entre los cationes es calcio.

### 7.1 Origen de los Componentes Químicos

Existen <sup>(9)</sup> seis tipos diferentes de agua (mapa 9) los cuales pueden ser definidos como: (1) cálcico bicarbonático, (2) calcico-bicarbonático-sulfáticas, (3) sódico-cálcico-bicarbonáticas, (4) magnésico-bicarbonáticas, (5) magnésico-sulfáticas (un ejemplar), y (6) sodico-cálcico-sulfáticas (una).

En general, el tipo (1) es dominante en las áreas más altas, (2) alrededor de Villa Bruzual (Turén), y (3) entre los ríos Boconó y Santo Domingo.

El aumento de sodio y sulfato (mapa 9) parece guardar relación con la abundancia de arcilla. A lo largo de las áreas de recarga los valores de TSD son siempre relativamente bajos—menos de 400 ppm—y los máximos (500 a 800 ppm) se encuentran alrededor de las principales áreas agrícolas, Turén y Sabaneta, debido principalmente a un aumento en el contenido de sulfatos, probablemente por disolución de sulfato contenido en estratos de arcilla, o por percolación de sustancias químicas de uso agrícola.

En el mapa 10, las áreas A, B y C han sido identificadas por la predominancia de los tipos (2), (1) y (3) respectivamente. El área sombreada se destinó a representar escasez de información.

El aumento notorio de sulfato puede deberse también a la presencia de pirita en las areniscas de Río La Yuca, la cual por me teorización, dá origen a ácido sulfúrico, este reacciona con los car bonatos y los transforma en sulfatos a medida que el agua se despla-

za hacia las zonas bajas; esta posibilidad está respaldada también por un cambio consecuente en el pH, el cual aumenta después de ocurrir la presunta reacción. (mapa 20).

La razón para el enriquecimiento de sodio en las áreas bajas del abanico Boconó-Masparro, podría ser causado por intercambio iónico entre aguas cálcicas y arcillas sódicas.

Los gneises feldespáticos -complejo iglesias- presentes en la cuenca alta del río Santo Domingo justifican la predominancia de  $\text{Na}^+$  sobre  $\text{Ca}^+$  a lo largo de esta cuenca en su parte inferior.

No han sido efectuados estudios detallados para demostrar las hipótesis enunciadas ni para demostrar la posible influencia de las prácticas agrícolas sobre el aumento de TSD.

## 7.2 Tipos de Agua para Riego

No fué encontrado ninguna limitación importante para uso agrícola, ya que más del 90% de la región puede ser suplido con agua de los tipos  $\text{C}_1 \text{S}_1$  y  $\text{C}_2 \text{S}_1$ , mientras que sólo en un triángulo definido por el río Acarigua y Caño Turén, esta presente el tipo  $\text{C}_3 \text{S}_1$ . La relevancia de esta zona en la agricultura nacional impone un estudio cuidadoso de la variación de la salinidad del agua con el tiempo.

## 7.3 Peligros de Contaminación

Es bien sabido (mapa 6) que la presencia de una mesa de agua somera, cubierta por arcillas discontinuas en espesor menor de

5 m y la comunicación existente entre ríos y acuíferos, imponen un manejo cuidadoso de la calidad del agua, una vez que se adopten políticas de desarrollo planificado a largo plazo.

## 8. CONCLUSIONES

El agua subterránea está llamada a jugar un papel importante para satisfacer la demanda para todos los usos consuntivos a muy bajo costo (0,02 a 0,04 B<sup>s</sup>/m<sup>3</sup>), principalmente a través de pozos de 30 a 70 m. de profundidad, por cuanto no se han detectado limitaciones cualitativas.

La recarga potencial y real es suficiente para reponer las reservas una vez sometidas a bombeo intensivo. El manejo conjunto de los acuíferos y aguas superficiales en una planificación a largo plazo, está garantizado por las capacidades de almacenamiento tanto superficial como subterránea.

En la mayoría del área no existe necesidad de exploración profunda; sólo al este del río Sarare es necesario, en el presente, perforar por debajo de 70 mts para obtener producciones importantes.

El desarrollo más potente de los acuíferos se encuentra entre los ríos Boconó y Guache.

Los siguientes aspectos de manejo deben tomarse en cuenta en la planificación de los recursos hídricos:

- (1) La explotación del agua subterránea permitirá posponer grandes inversiones iniciales en agua superficial. No menos importante es la posible participación de inversionistas privados durante esta etapa.

- (2) Control de la mesa de agua, conservación del agua a largo plazo al disminuir pérdidas por evaporación y manantiales, desarrollo de capacidad de almacenamiento subterráneo con efecto retardador sobre los flujos máximos y recuperación de tierras en regiones pantanosas, serán productos marginales importantes del aprovechamiento de aguas subterráneas.

## 9. RECOMENDACIONES

El desarrollo futuro en esta región, caracterizada por recursos de aguas superficiales y subterráneas por encima de la demanda, debe estimularse en áreas con mínimo peligro de inundaciones. En ellas la inversión para derivar y almacenar agua, serán mínimas durante un largo período, dada la presencia de agua subterránea en sitio. Las tierras planas más altas son el área natural para riego con esta fuente.

La máxima eficiencia y conservación deberá considerar el sobrebombeo de los acuíferos y recarga artificial, antes de incorporar el agua superficial en cantidades significativas.

Un plan detallado de exploraciones en las áreas de prioridad, integrado por hidrología detallada, geofísica, perforación exploratoria, bombeo de prueba, y pozos de bombeo. Las prioridades serán establecidas por equipo interdisciplinario que considere el complejo de recursos como un todo.

Las investigaciones deben continuar con un grado de detalle creciente, lo cual requiere la asignación de personal y recursos estables.

C U A D R O I  
FLUVIOMETRIA - FLANCO ANDINO

R i o	Sitio	Area Drenada (Km2)	Periodo de Registro	Gasto Medio	Volumen Anual x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Gasto Máximo*	Gasto Mínimo*
Acarigua	Río Acarigua	970	16	22.47	708.756	1.500,00	.25
Boconó	Peña Larga	1.580	28	73.23	2.309.277	1.840.00	9.00
Guache	Pte. Viejo	3.000	18	15.04	474.396	945,00	.30
La Yuca	Pte. La Yuca	265	16	11.56	364.588	1.130,00	.01
Las Marias	Pte. Las Mariñas	325	12	9.34	294.649	444,00	.00
Masparro	Pte. Masparro	495	18	31.04	978.905	3.220,00	.25
Portuguesa	Pte. Portuguesa	762	12	29.99	945.685	693.00	.00
Sto. Domingo	El Campero	660	1	62.88	2.140.750	720.00	11.00
Tucupido	Pte. Tucupido	440	12	10.87	342.654	1.481.00	.00
Morador	Pte. Morador	615	10	25.95	820.456	704.00	.00

\* m<sup>3</sup>/seg.

...//...

R i o	Sitio	Area Drenada (Km2)	Periodo de Registro	Gasto Medio	Volumen Anual x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Gasto Máximo*	Gasto Mínimo *
Durigua	Payara	140	6	2.76	87.167	39.60	1.30
Pao	Paso La Balsa	2.730	17	24.89	786.966	820.00	.07
Q. Araure	Araure	7	6	.20	6.196	4.80	.03
Tirgua	Paso Viboral	1.563	27	14.26	451.091	886.00	2.20
Tinaco	Pte. Tinaco	625	17	10.87	342.654	1.481.00	.00

\* m<sup>3</sup>/seg.

TABLA 1  
FLANCO ORIENTAL ANDINO

Formación	Edad	Espesor	Extensión Geográfica	Descripción Litológica	Propiedades Hidrológicas
Grupo Igle- sias.	Precámbrico Superior	No determina- do.	Macizo de los Conejos en Mérida, región Barinitas- Sto. Domingo.	Ortogneises biotíticos, gneises migma- ticos, Augengneises porfidoblásticos, micaesquistos granatíferos, esquistos cuarzo-moscovíticos-biotíticos, cuar- zitas laminadas plegadas, gneis graní- tico.	Moderado almacenamiento en fracturas y foliaciones, impor- tante en cabeceras del Río Bo- conó (Q. Burate) y Santo Do- mingo.
Mucuchacht	Ordov.-Pérmico	5.000	Desde San Cristóbal en Tá- chira, hasta cerca de Cara- che en Trujillo.	Pizarras laminadas y limosas, carbonó- sas. Pirita abundante. Intercalación de areniscas impuras, laminadas, duras. Importantes (50 cm.) areniscas N Aca- rigua. Pocas calizas.	Por espesor, extensión superfi- cial, y grado de fracturamien- to es importante agente de re- tención y alimentación de im- portantes flujos base.
Sabaneta	Carbonífero per- mico.	3360 m en Río Acarigua.	Esporádica en Los Andes. Franja de 12 Km de ancho al N. del Río Caparo.	Areniscas gruesas a guijarrosas, que pasan a limolitas y areniscas. Cantí- dades menores de lutita carbonacea. Metamorfismo de bajo grado. Intrusio- nes ígneas.	Manantiales importantes de ríos Boconó y Acarigua.
Palmarito	Carbonífero per- mico.	550 max.	Esporádica en Los Andes (Mérida y Barinas). Perijá.	Lutitas, limos, arenas, y margas que gradan a calizas marinas; techos del- gados de carbón.	Escasa significación hidrológi- ca.
La Quinta	Trias. sup - Jur. inf.	1000-3500	Flanco SO. de Los Andes, Mérida SE y depresión Tá- chira, Portuguesa y Barinas SO y Sur-centro de Lara, Paraguaná, Perijá.	Conglomerados rojos, cantos bien re- dondeados y cementados, areniscas arcillosas blandas en capas espesas. Lutitas y areniscas conglomeráticas intercaladas. Areniscas rojas blandas; areniscas cuarzosas grano grueso. In- trusiones ígneas.	Porosidad primaria moderada; Extensión superficial poco sig- nificativa. Localmente fuente de importantes manantiales (Río Boconó).

FLANCO ORIENTAL ANDINO

Formación	Edad	Espesor	Extensión Geográfica	Descripción Litológica	Propiedades Hidrológicas
Aguardiente	Cretáceo (Albiense)	150 - 500	Zulia SO, flanco este de cordillera andina entre Táchira y Lara.	Areniscas calcáreas duras grano variable; intercalaciones de lutitas y algunas calizas en parte inferior.	Probable karstificación local. En zonas falladas alimenta manantiales importantes.
Maraca	Cretáceo (Albiense)	10 - 120	Desde Perijá hasta Los Andes de Lara. Localmente en flanco Oriental andino.	Calizas cristalinas en capas gruesas, intercaladas con lutitas y margas; areniscas en la base.	En conjunto con bloques cretáceos muy fracturados alimenta manantiales de importancia local.
Capacho	Cretáceo Albienese-Turon.	275 max.	Mitad meridional de la cuenca del Lago de Maracaibo. Flanco andino Táchira-Mérida.	Lutitas duras; calizas duras, limolitas ocasionales.	Afloramientos restringidos; de importancia local en conjunto con otras unidades cretáceas.
La Luna	Cretáceo (Cenom. Coniac)	100 - 300	Toda la cuenca de Maracaibo, Lara, La Goajira, flanco oriental andino.	Calizas y lutitas calcáreas fértidas, laminadas.	Poca importancia regional por lo restringido de sus afloramientos. Manantiales locales.
Colón	Cretáceo (Coniac. sup. a Maestrich.)	900 o menos	Toda la cuenca de Maracaibo Poco importante en flanco oriental andino.	Lutitas microfósilíferas uniformes.	Impermeable.
Trujillo	Terciario-Paleoceno-Eoceno	1.800	Adyacente al este del Lago de Maracaibo. Surco de Barquisimeto. Franja a lo largo flanco este Los Andes a partir de NE del río Masparro.	Predominan lutitas homogéneas puras a arenosas. Areniscas en capas de espesores menores de 1 m. raramente más mayores de 10 m. Proporción de areniscas mayores hacia el tope.	Predominantemente impermeable. Fuente de Sedimentos finos. Algún almacenamiento en las areniscas fracturadas.
Gobernador	Terciario (Eoceno Med. Sup.)	300	Región piemontina meridional de los Andes Venezolanos.	Areniscas cuarzosas, grano fino a grueso, gris claro a pardo, capas mediana a gruesas, estratificación cruzada. Lutitas carbonáceas y calcáreas, gris claro y limolitas claras (20%)	Mediana porosidad primaria y secundaria. Almacenamiento en diaclasas y fallas, fuente de manantiales importantes.

FLANCO ORIENTAL ANDINO

Formación	Edad	Espesor	Extensión Geográfica	Descripción Litológica	Propiedades Hidrológicas
Paguey	Terciario (Eoceno Sup.)	1.913	Sector noreste de la cuenca de Barinas, a través de la faja plegada del pie de montaña.	Areniscas ferruginosas carbonáceas, ocasionalmente calcáreas, gris a gris oscuro, grano fino a medio, lasos y con rizaduras; alternadas con lutitas y limolitas. Capas delgadas a medianas, a veces petrolíferas. Calizas lenticulares en la base.	Mediana porosidad primaria. Retiene cantidades significativas que alimentan manantiales importantes. Favorecida por abundante cubierta vegetal, amplia extensión superficial y espesor.
Parángula	Terciario (Mioceno inf.-med)	550 - 1.400	A lo largo de contrafuertes meridionales andinos, desde río Portuguesa hasta el Caparo.	Origen continental. Conglomerados lenticulares de grano grueso. Arena de grano fino en capas gruesas; limolitas y lodolitas.	Porosidad primaria y secundaria moderada. Alimenta manantiales de caudal medio.
Río Yuca	Terciario (Mioceno Sup.-Plioc.)	2.300	Amplia faja a lo largo del flanco sureste de Los Andes.	Conglomerados de grano grueso (25%) en lechos macizos; areniscas macizas, friables, grano medio a grueso; limolitas y arcillitas; calizas arenosas delgadas locales, limolitas calcáreas.	Porosidad primaria media. Acuífero de mediano a bajo potencial.
Guanapa	Cuaternario Pleistoceno	5-250	Región piemontina de Los Andes en la parte noreste de la cuenca de Barinas.	Conglomerados, arenas, arcillas en estratos macizos, mal consolidados.	Porosidad primaria relativamente alta, baja permeabilidad. Almacenabilidad restringida; Acuífero pobre útil para suplir demandas pequeñas.

CORDILLERA DEL INTERIOR

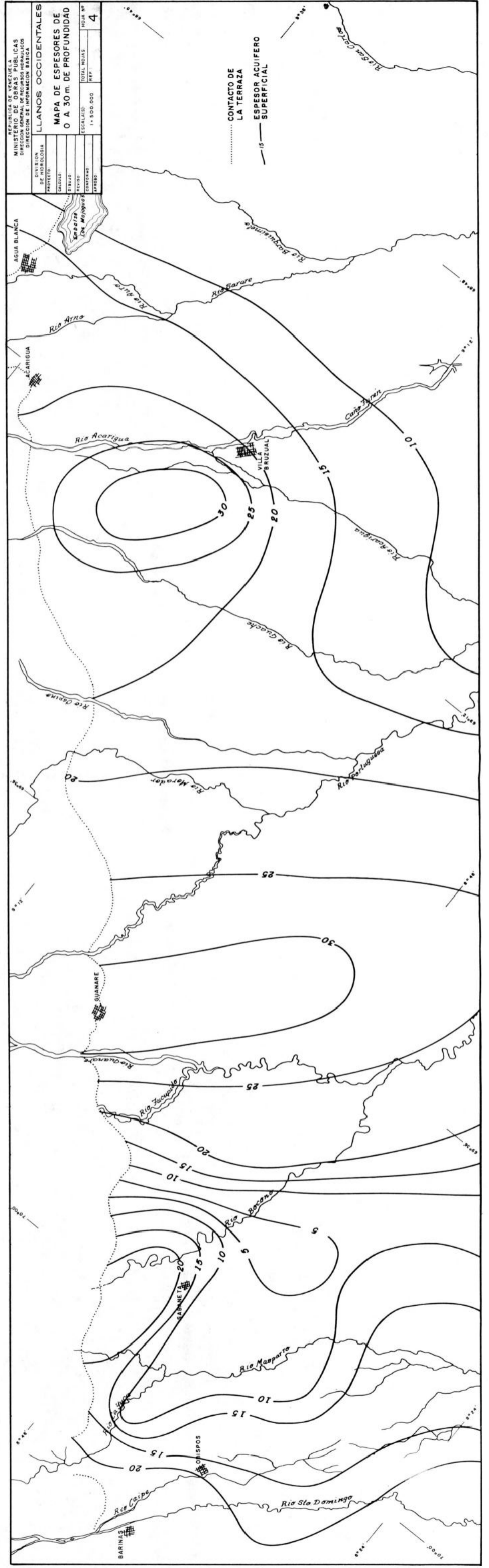
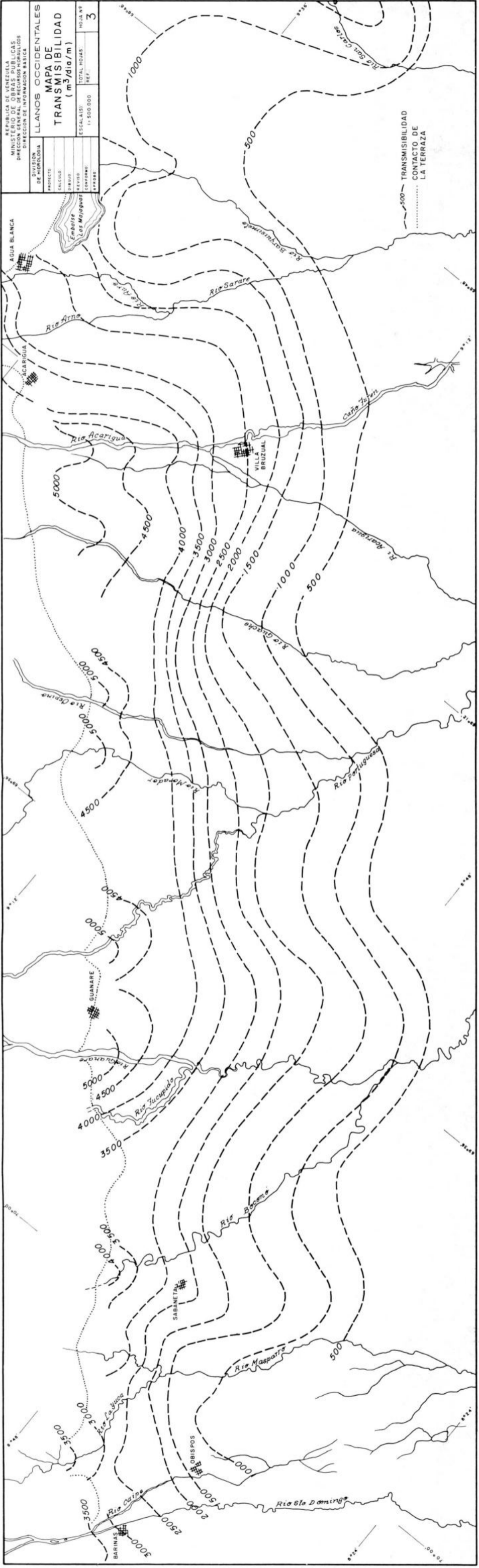
Formación	Edad	Espesor	Extensión Geográfica	Descripción Litológica	Propiedades Hidrológicas
Mucaria	Cretáceo Camp. - Naestr.	1000-1500	Frente de montañas entre Guárico noroccidental y Portuguesa septentrional.	90% Lutitas silíceas con bandas de chert y microconglomerados; lentes de caliza. Conglomerado basal lo- cal. Intrusiones básicas.	Básicamente acuíclodo. Algu- nos manantiales muy pequeños de zonas duras fisuradas.
Mapuey	Cretáceo Alb - coniac.	460	Noroeste de Cojedes, has- ta 11 Km al oeste de Agua Blanca.	Calizas laminadas, parcialmente are- nosas, grano grueso a fino; calizas lutificas y lutitas. Ligeramente meta- morfizadas, recristalizadas. Conglo- merado calcáreo local, 10 a 30 cm.	Karstificación local con algu- nos manantiales pequeños.
Cojedes	Cretáceo Albiense	45 - 680	Norte de Cojedes, El Baúl hasta NE de Portuguesa.	Arcosas con matriz calcárea, capas gruesas de conglomerados caliza gris azul maciza, recristalizada. Calizas guijarrosas.	Poco importante en el área es- tudiada.
Agua Blanca	Cretáceo (Aptiense)	610-750	Flanco meridional de la serranía del Interior, desde Agua Blanca hasta Sn. Ra- fael de Onoto, Edo. Portu- guesa.	20 m. de caliza en la base, capas arenosas; filitas retorcidas; calizas y areniscas cuarcíticas.	Karstificación local. Alimen- ta algunos manantiales medios
Araure	Cretáceo infe- rior.	700	Entre Sarare y Sn. Rafael de Onoto, Edo. Portu- guesa.	En parte inferior capas gruesas de conglomerado, arcosas gruesas cal- cáreas en parte superior. Filitas li- mosas. Areniscas sub-angulares.	Poca capacidad de almacena- miento. Alguna retención en poros secundarios.

## BIBLIOGRAFIA

- ASCE Groundwater. Basin Management, 1961
- BUSHMAN, J.R. Geología de la Región entre Agua Blanca y San Carlos, Venezuela, Bol. Geol., Caracas, Vol.8, N° 16, p 311-336.
- CASTANY, G. Traité Pratique des Eaux Souterraines. Dunod, Paris, 1968.  
Prospection et Exploitation des Eaux Souterraines. Dunod, Paris, 1968.
- COPLANARH Inventario Nacional de Aguas Superficiales. Vol. 1 y 2 Caracas, Feb. 1969.
- DAVIS & DE WIEST. Hidrogeology. John Wiley & Sons, Inc. New York, London, Sydney, 1966.
- FEO C. G. Contribución a la estratigrafía de la Cuenca Barinas Apure. Memoria. Cuarto congreso Geológico Venezolano, Tomo II. MMH, Publicación Especial N° 5, Edo. Sucre, Caracas 1972
- IFFIL, F. Hidrogeología del Area de Turén. MOP, Div. de Geotécnia, Caracas, 1963.
- McKEE & WOLF Water Quality Criteria. The Resources Agency of California. State Water Quality Control Board. Publication N° 3-A. 1963.
- MENENDEZ, V. de V. Geología del Area de El Tinaco, Centro del Estado Cojedes Venezuela. Bol. Geol. Caracas, Vol. 6 N° 12, p 417-537
- MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. Lexico Estratigráfico de Venezuela. Editorial Sucre. Caracas 1970.
- MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Anuarios Climatológicos e Hidrométricos. Caracas 1964-69  
Informe Preliminar sobre la Hidrogeología del Sistema de Riego Río Guanare.
- PADILLA, D. Aprovechamiento de las Aguas Subterráneas en el Asentamiento Campesino Caimital, Edo. Barinas. I.A.N. División de Ingeniería Rural. Caracas, Octubre, 1970.

- Estudio de las Posibilidades de Riego por Agua Subterránea en el Asentamiento Campesino Tierra Buena, Estado Portuguesa. MOP, División de Hidrología, 1973.
- RAMOS L.C.  
MOP. Div. de  
Hidrología. Hidrogeología del Area Boconó-Masparro Caracas, Sep. 1971
- Estudio Hidrogeológico para Desarrollar el Asentamiento Caimital, Caracas, Nov. 1971.
- RENZ, Estratigrafía de la Región comprendida entre El Pao y Acarigua, Estados Cojedes y Portuguesa. Cong. Geol. Venez. III, Caracas, 1959, Mem, II, p 277 - 315.
- SCHUBERT, C. Geología de la Región Barinitas-Santo Domingo, Andes Venezolanos Surorientales. Bol. Geol. Vol. 10, Ed. Sucre. Caracas, 1968.
- TODD, D.K. Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons, Inc. New York London 1959.
- WIENER, A. Water Resources Planning Seminars. Utah State University, Junio 1971.

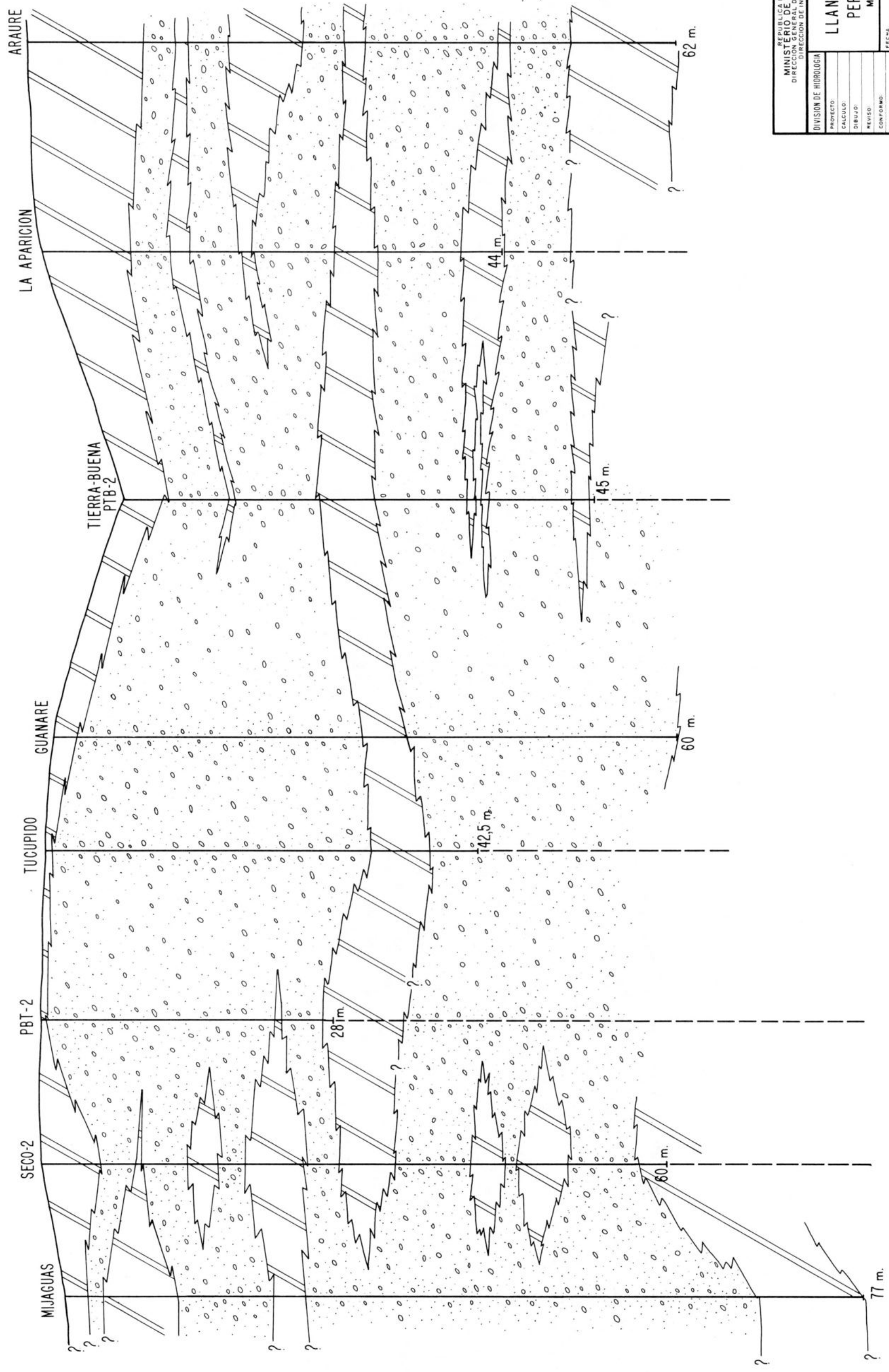












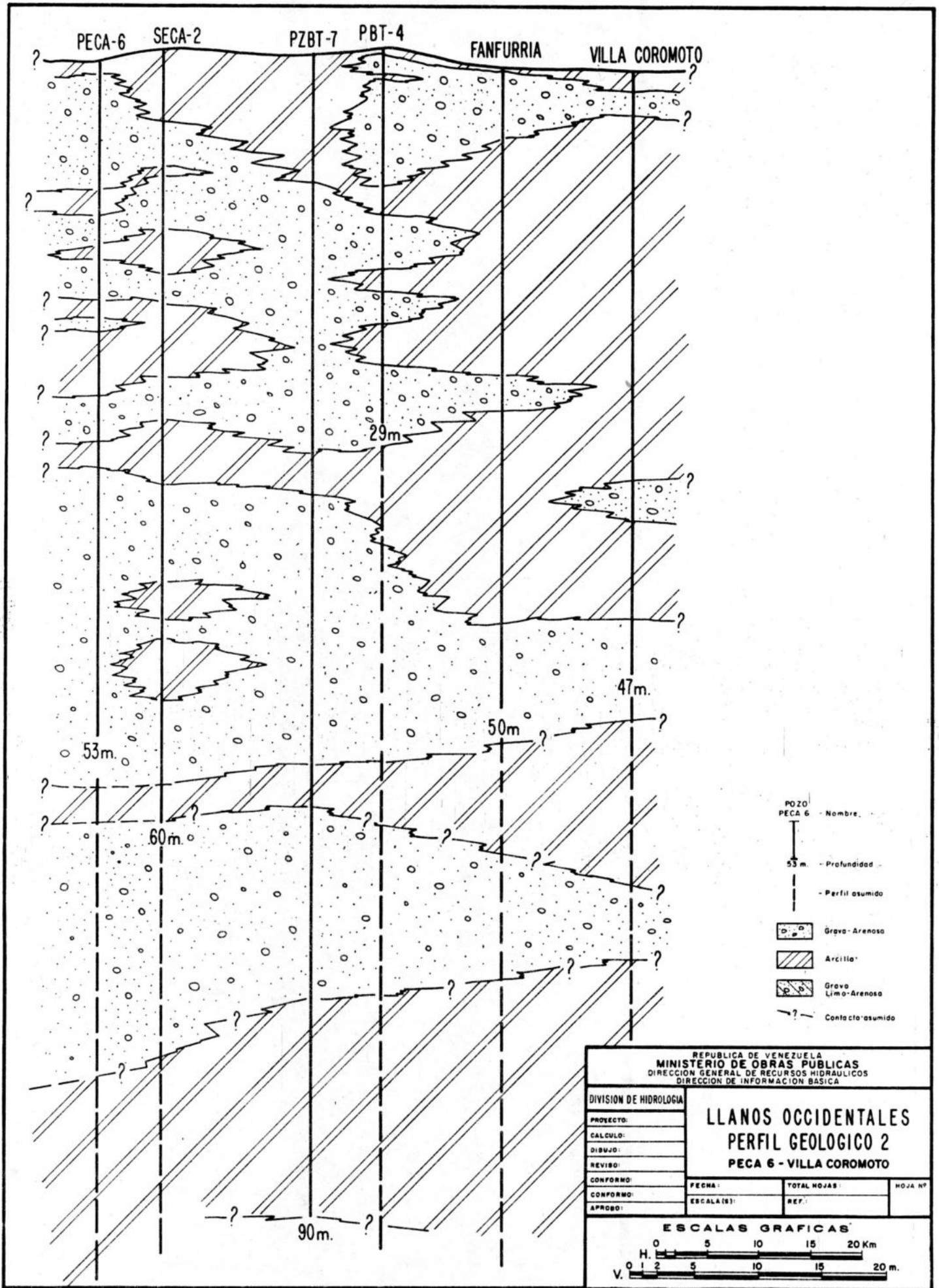
REPUBLICA DE VENEZUELA  
 MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
 DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS  
 DIRECCION DE INFORMACION BASICA

**LLANOS OCCIDENTALES**  
**PERFIL GEOLOGICO I**  
**MIJAGUAS - ARAURE**

PROYECTO:	
CALCULO:	
DIBUJO:	
REVISO:	
CONFORMO:	
APROBADO:	

FECHA:	TOTAL HOJAS:	HOJAS N°:
ESCALA(S):	REF:	

ESCALAS GRAFICAS  
 V 0 5 10 m  
 H 0 10 20 Km



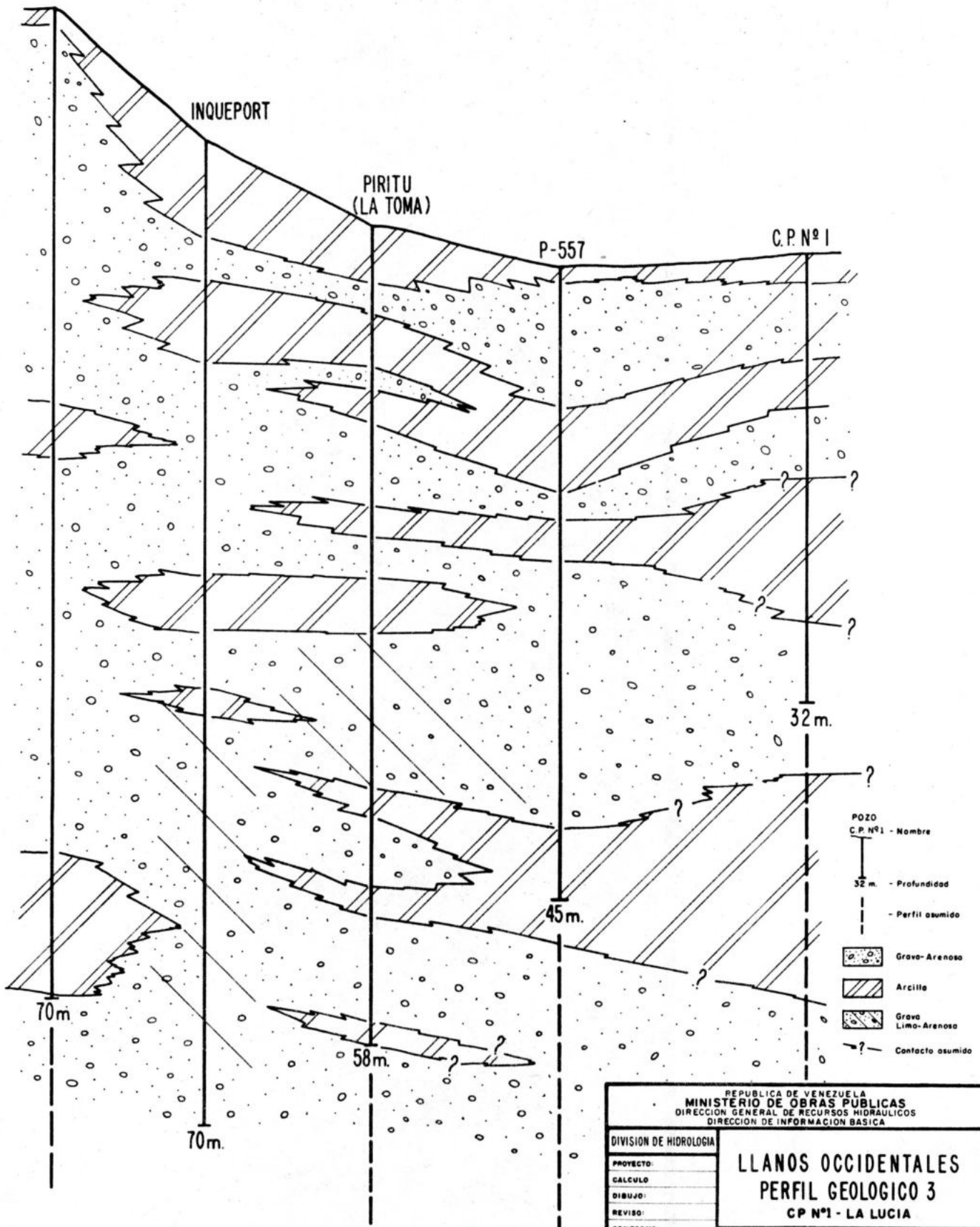
REPUBLICA DE VENEZUELA  
MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS  
DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS  
DIRECCION DE INFORMACION BASICA

DIVISION DE HIDROLOGIA		
PROYECTO:	LLANOS OCCIDENTALES	
CALCULO:	PERFIL GEOLOGICO 2	
DIBUJO:	PECA 6 - VILLA COROMOTO	
REVISO:	FECHA:	TOTAL HOJAS:
CONFORMO:	ESCALA(S):	REF:
CONFORMO:		HOJA Nº
APROBO:		

ESCALAS GRAFICAS

H. 0 5 10 15 20 Km  
V. 0 1 2 5 10 15 20 m.

LA LUCIA



REPUBLICA DE VENEZUELA MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS DIRECCION GENERAL DE RECURSOS HIDRAULICOS DIRECCION DE INFORMACION BASICA			
DIVISION DE HIDROLOGIA		<b>LLANOS OCCIDENTALES</b> <b>PERFIL GEOLOGICO 3</b> CP N°1 - LA LUCIA	
PROYECTO:		FECHA:	TOTAL HOJAS:
CALCULO:		ESCALA (S):	REF:
DIBUJO:			HOJA N°
REVISO:			
CONFORMO:			
APROBO:			

